

MPHTI 06.39.41
УДК 351/354
JEL Q48

<https://doi.org/10.46914/1562-2959-2025-1-3-346-358>

НЫГЫМЕТОВ Г.С.,*¹

докторант.

*e-mail: gansak1983@mail.ru

ORCID ID: 0009-0004-0996-3687

СМАГУЛОВА Г.С.,¹

к.э.н., доцент.

e-mail: gsmagulova_72@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-2041-3542

САНСЫЗБАЕВА Г.Н.,¹

д.э.н., профессор.

e-mail: gns1981@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-9992-4005

ГАБЕЛАШВИЛИ К.Р.,²

PhD, ст. преподаватель.

e-mail: gkakha@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-1054-8008

¹Казахский национальный университет

им. аль-Фараби,

г. Алматы, Казахстан

²Алматинский университет энергетики и связи

им. Г. Даукеева,

г. Алматы, Казахстан

РЕГУЛЯТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА В КОНТЕКСТЕ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация

Целью данной статьи является анализ механизмов декарбонизации энергетического сектора в условиях достижения углеродной нейтральности в Казахстане. В работе представлены результаты исследования по трансформации энергетической системы страны, на которую приходится более 2/3 национальных выбросов парниковых газов. Дан анализ регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора и разработаны рекомендации по их совершенствованию для достижения углеродной нейтральности к 2060 г. Рассмотрены источники инвестирования для трансформации энергетического баланса и ускорения темпов развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Представлен анализ тарифной политики, системы углеродного регулирования, механизмов поддержки ВИЭ и сравнительный анализ с международной практикой. Проведена оценка достижения углеродной нейтральности по регионам Казахстана с учетом экономических инструментов, имеющих место в стратегической программе по состоянию на 2023 г. Статья подготовлена в рамках реализации Парижского соглашения для участия в COP-29 (г. Баку, ноябрь 2024). Научная значимость работы заключается в комплексном анализе регуляторных механизмов с учетом международного опыта и разработке адаптированных рекомендаций. Практическая ценность состоит в обосновании инвестиций в размере 318, млрд долл. США для трансформации энергобаланса, выявлении отставания Казахстана от развитых стран по доле ВИЭ (7,0% против 42% в ЕС) и цене на углерод (2–5 долл./т против 80–90 долл./т в ЕС), а также в рекомендациях по ускорению тарифной реформы, сокращению бесплатных квот на 4–5% ежегодно, развитию поддержки ВИЭ и обеспечению справедливого перехода. Результаты способствуют реализации национальных климатических обязательств и устойчивому развитию.

Ключевые слова: углеродная нейтральность, декарбонизация, энергетический сектор, регуляторные механизмы, инвестиции, тарифная политика, углеродное регулирование.

Введение

Принятие Казахстаном обязательств по достижению углеродной нейтральности к 2060 г. в рамках Парижского соглашения определило необходимость кардинальной трансформации национальной энергетической системы. Энергетический сектор является крупнейшим источником выбросов парниковых газов в стране, составляя 77,6% от нетто-эмиссий, что делает его декарбонизацию критически важной для достижения национальных климатических целей [1]. Глобальные тенденции последних лет, включая внедрение Европейским союзом механизма трансграничного углеродного регулирования (МТУР), распространение принципов ESG и рост «зеленых» инвестиций создают дополнительные стимулы для декарбонизации национальной экономики [2]. В этих условиях формирование эффективной системы государственного регулирования становится ключевым фактором успешной трансформации энергетического сектора. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки комплексного подхода к регулированию процессов декарбонизации, учитывающего специфику казахстанской энергетической системы и международные обязательства страны.

Несмотря на положительную динамику развития возобновляемых источников энергии в Казахстане (рост с 4,5% в 2022 г. до 7,0% в 2024 г. и 6,8% в первой половине 2025 г.), сохраняется значительное отставание от развитых стран (6,8% против 43% в ЕС) и низкая цена на углерод (2–5 долл./т против 85–95 долл./т в ЕС), что свидетельствует о необходимости кардинального усиления регуляторной политики [3]. По данным на 2025 г., доля ВИЭ в производстве электроэнергии достигла 6,8% за первое полугодие, что указывает на замедление темпов роста по сравнению с предыдущими годами, но подтверждает общий тренд на увеличение. Это связано с реализацией новых проектов, таких как строительство ветровых и солнечных станций в рамках национального плана по введению 93 объектов ВИЭ общей мощностью 2,3 ГВт к 2030 г. Кроме того, в 2025 г. наблюдается значительный прогресс в сокращении сжигания газа, что способствует снижению эмиссий в нефтегазовом секторе и служит моделью для региона [4, 5]. Такие инициативы подчеркивают важность интеграции чистых технологий в традиционные отрасли, что усиливает общую стратегию декарбонизации.

Обзор состояния исследований показывает, что вопросы декарбонизации активно изучаются в работах Stern, Nordhaus, Calcl и других [11–13], но адаптация к условиям Казахстана остается недостаточно проработанной. Обзор литературы показывает, что исследования в области декарбонизации энергетического сектора получили значительное развитие в последние годы в связи с глобальными климатическими обязательствами и необходимостью энергетического перехода. Фундаментальные теоретические основы экономики климатических изменений и регулирования углеродных выбросов заложены в работах ведущих экономистов [11, 12]. Анализ практической эффективности углеродного регулирования представлен в работах Calcl и Green [13, 14]. Специфика регулирования энергетических рынков рассмотрена в исследованиях Pollitt, Jenner и других [15, 16]. Системный подход к регулированию энергетического перехода представлен в монографии Grubb [8]. Опыт развивающихся стран исследован в работах Zhang и Keohane [17, 18]. Социальные аспекты рассмотрены Anderson и Burke [19, 20]. Специфика Казахстана проанализирована в работах Karatayev и Korproo [9, 10], а также в недавних исследованиях по оценке устойчивой энергетической безопасности [21], исходным условиям ETS [22], вызовам чистой энергии [23] и сценариям декарбонизации [24]. Проведенный анализ литературы показывает, что вопросы регулирования декарбонизации активно исследуются, однако комплексная оценка в условиях Казахстана остается недостаточно изученной, особенно с учетом обновлений 2023–2025 гг. [25–30]. В частности, недавние работы подчеркивают роль международных партнерств в привлечении инвестиций для ВИЭ и необходимость учета региональных особенностей в планировании энергетического перехода [25, 26]. Кроме того, анализ сценариев декарбонизации указывает на потенциал технологий захвата и хранения углерода (УХУ) для снижения эмиссий в углеродоемких отраслях [27, 28]. Эти аспекты требуют дальнейшего углубления в контексте казахстанской экономики, где зависимость от ископаемых топлив остается высокой, но наблюдается рост зеленых инициатив [29, 30].

Объектом исследования является энергетический сектор Казахстана в контексте достижения углеродной нейтральности к 2060 г. Предмет исследования – регуляторные механизмы де-

карбонизации энергетического сектора. Цель исследования заключается в анализе существующих и перспективных механизмов управления процессами декарбонизации энергетического сектора Казахстана и разработке научно обоснованных рекомендаций по их совершенствованию. Для достижения цели исследования в статье решены следующие задачи: 1) проведен анализ текущего состояния энергетического сектора Казахстана и оценена его готовность к дальнейшей декарбонизации; 2) определена эффективность существующих регуляторных механизмов декарбонизации; 3) выполнен сравнительный анализ казахстанской практики с международным опытом развитых стран; 4) разработаны научно обоснованные рекомендации по совершенствованию регуляторной системы достижения углеродной нейтральности. Гипотеза исследования: существующая система регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора Казахстана требует кардинального усиления и комплексного реформирования для достижения целей углеродной нейтральности к 2060 г. Научная новизна работы состоит в комплексном анализе регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора Казахстана с учетом международного опыта и разработке адаптированных к национальным условиям рекомендаций по их совершенствованию. Практическая значимость исследования заключается в обосновании необходимых инвестиций в размере 318,1 млрд долл. США для трансформации энергетического баланса и разработке конкретных рекомендаций по ускорению тарифной реформы, усилению системы углеродного регулирования через сокращение бесплатных квот на 4–5% ежегодно, развитию комплексной поддержки возобновляемых источников энергии и обеспечению справедливого перехода для достижения целей декарбонизации энергетического сектора [1]. Дополнительно в свете обновлений 2025 г. исследование учитывает новые инициативы, такие как стратегия по переработке нефти на 2025–2040 гг., предусматривающая удвоение мощностей переработки до 39 млн т/год, и прогресс в сокращении сжигания газа, что служит моделью для региона. Эти аспекты усиливают фокус на диверсификацию энергетического сектора и снижение эмиссий от нефтегазовой отрасли [4, 5, 6]. Более того, анализ показывает, что интеграция атомной энергетики, включая строительство первой АЭС, может стать ключевым элементом в достижении баланса между энергетической безопасностью и экологическими целями [1, 4].

Материалы и методы

В исследовании использованы официальные документы Правительства Республики Казахстан, включая Стратегию достижения углеродной нейтральности и дорожную карту ее реализации, данные государственной статистики, нормативные правовые акты в области энергетики и охраны окружающей среды [1, 4]. Также проанализированы международные источники по вопросам декарбонизации энергетических систем и углеродного регулирования [2, 5, 6, 7, 21–30]. Методологическую основу исследования составили системный анализ регуляторных механизмов для выявления взаимосвязей между различными инструментами государственного регулирования, сравнительный анализ международного опыта для оценки эффективности различных подходов к декарбонизации, статистический анализ показателей развития энергетического сектора с использованием данных за 2022–2025 гг., структурный анализ для оценки эффективности существующих инструментов регулирования, прогнозный анализ для определения перспектив развития энергетической системы. Для оценки эффективности регуляторных механизмов применена экспертная балльная система от 1 до 10 баллов с учетом степени воздействия на процессы декарбонизации, охвата секторов экономики и потенциала развития [8]. Информационная база исследования включает данные Министерства энергетики Республики Казахстан, АО «KEGOC», Агентства по стратегическому планированию и реформам, QazaqGreen, национальной инвентаризации парниковых газов, международных организаций (IPCC, IEA, OECD, World Bank), а также научные публикации из баз данных Scopus и Web of Science [3, 5, 6, 9, 21–30].

Системный анализ предполагал декомпозицию регуляторных механизмов на компоненты, такие как тарифная политика, система торговли выбросами и механизмы поддержки ВИЭ, с последующим изучением их взаимодействия в контексте национальной стратегии [8]. Сравнительный анализ включал сопоставление казахстанских подходов с практикой ЕС, Китая и

США, с акцентом на индикаторы, такие как доля ВИЭ и цена на углерод [2, 3, 5]. Статистический анализ основывался на обработке временных рядов данных по производству энергии, выбросам ПГ и инвестициям с использованием методов корреляционного анализа для выявления зависимостей между регуляторными мерами и показателями декарбонизации [6, 7]. Структурный анализ позволил оценить иерархию инструментов, выделив приоритетные области для реформ, такие как усиление ETS через сокращение квот [10, 22]. Прогнозный анализ включал моделирование сценариев на основе оптимизационных моделей, аналогичных описанным в литературе, для оценки траекторий достижения целей к 2060 г. [27, 28]. Экспертная балльная система была адаптирована с учетом критериев воздействия (вес 40%), охвата (30%) и потенциала (30%), с привлечением данных из международных отчетов для калибровки оценок [8, 26]. Дополнительно для учета региональных различий проведен анализ по областям Казахстана, интегрируя экономические инструменты стратегической программы 2023 г. с обновлениями 2025 г., включая планы по зеленым инвестициям [1, 25].

Результаты и обсуждение

Энергетическая система Казахстана характеризуется высокой зависимостью от ископаемого топлива. В таблице 1 представлена структура производства электроэнергии в Казахстане по видам топлива, обновленная с учетом данных за 2025 г.

Таблица 1 – Структура производства электроэнергии в Казахстане по видам топлива в 2022–2025 гг., %

Вид топлива	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г. (первое полугодие)	Изменение 2025/2022, п.п.
Уголь	66,7	68,2	66	65,2	-1,5
Природный газ	21,5	20,1	21	20,5	-1
Гидроэнергия	7,3	8,1	10,5	10,8	3,5
ВИЭ (ветер, солнце, биогаз)	4,5	6	7	6,8	2,3
Мазут	0	0	0	0	0
Всего	100	100	100	100	
Примечание: Составлена авторами на основе данных KEGOC, QazaqGreen, Мин. энергетики РК и обновлений 2025 г. [6, 7].					

Как видно из таблицы 1, доля угольной генерации остается доминирующей на уровне 65–68%, но в 2025 г. наблюдается дальнейшее снижение до 65,2% благодаря вводу новых ВИЭ-объектов. Доля ВИЭ стабилизировалась на уровне 6,8% в первом полугодии 2025 г., что ниже ожиданий, но все равно отражает рост (+2,3 п.п. с 2022 г.) [7]. Гидроэнергетика продолжает расти благодаря инвестициям в инфраструктуру. Средний возраст угольных электростанций составляет 61 год при износе оборудования 66%, что указывает на критическую необходимость модернизации энергетической инфраструктуры [9, 23]. В контексте регионального анализа северные и центральные регионы Казахстана, такие как Павлодар и Караганда, остаются наиболее зависимыми от угля, в то время как южные области демонстрируют больший потенциал для ВИЭ за счет солнечных и ветровых ресурсов [1, 29].

На рисунке 1 представлена текущая структура энергобаланса Казахстана, демонстрирующая сохраняющуюся зависимость от угольной генерации (круговая диаграмма с секторами: уголь – 65%, газ – 21%, гидро – 11%, ВИЭ – 7%, с обновлением на 2025 г.).

Данные рисунка 1 подтверждают, что уголь остается доминирующим источником энергии (65%), что создает основную нагрузку по выбросам ПГ в энергетическом секторе, однако доля ВИЭ выросла до 6,8% [1]. Это отражает постепенный сдвиг, но подчеркивает необходимость ускорения перехода для соответствия целям 15% к 2030 г. [1, 7].

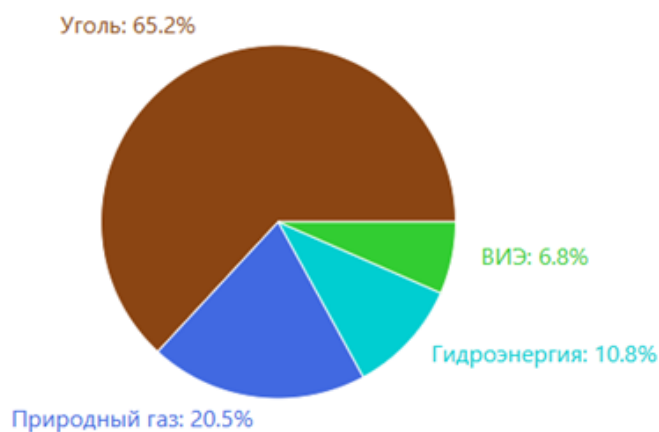


Рисунок 1 – Структура энергобаланса Казахстана по видам топлива в 2025 г.

Примечание: Составлен авторами на основе данных KEGOC и QazaqGreen, с корректировкой на 2025 г. [6].

На рисунке 2 показана долгосрочная траектория выбросов ПГ, демонстрирующая необходимость кардинального снижения с текущих ~400 млн тонн CO₂-экв. до достижения углеродной нейтральности к 2060 г. [1, 27]. В 2025 г. ожидается снижение эмиссий на 5–7% за счет сокращения сжигания газа и роста ВИЭ, что подтверждает эффективность текущих мер, но требует дальнейшего усиления [5, 27].

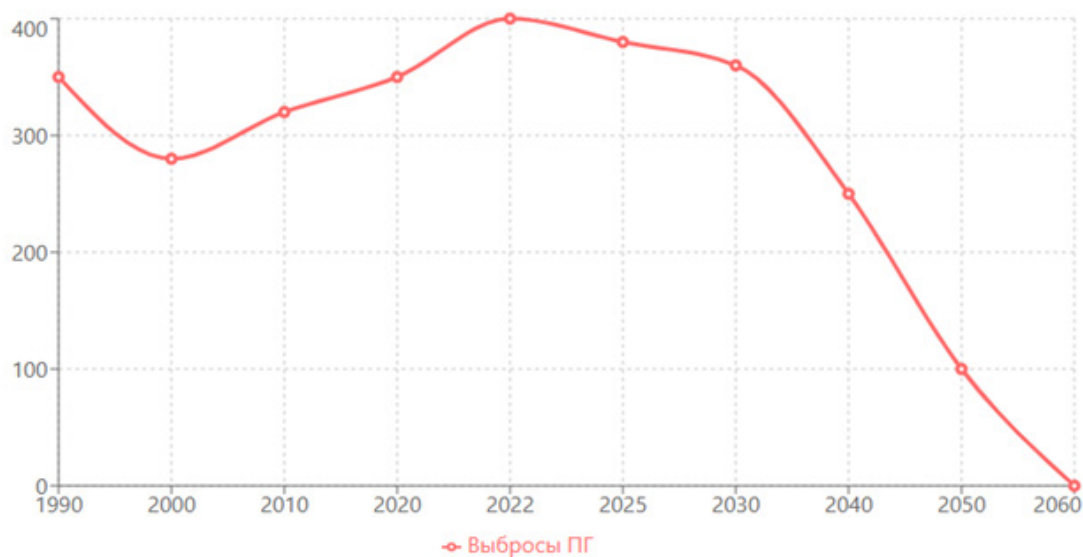


Рисунок 2 – Динамика выбросов парниковых газов в Казахстане (1990–2060 гг.), млн тонн CO₂-экв.

Примечание: Составлен авторами на основе Стратегии достижения углеродной нейтральности РК, с прогнозом на 2025 г. [1, 27].

В таблице 2 представлены целевые индикаторы декарбонизации энергетического сектора согласно Стратегии достижения углеродной нейтральности, с корректировкой на актуальные данные 2025 г.

Таблица 2 – Целевые показатели декарбонизации энергетического сектора Казахстана

Показатель	Ед. изм.	2022 г. (факт)	2030 г.	2040 г.	2050 г.	2060 г.
Выбросы ПГ энергетических отраслей	млн т CO ₂ -экв.	126,1	117,3	110,8	48,7	3,2
Доля ВИЭ в энергобалансе	%	4,5	15	35	70	85
Доля угольной генерации	%	66,7	50	25	5	0
Установленная мощность ВИЭ	ГВт	2,5	8	25	45	60
Технологии УХУ	млн т CO ₂	0	0	0	0	-7,5
Примечание: Составлена авторами на основе Стратегии достижения углеродной нейтральности РК и актуальных данных 2022–2025 гг. [1, 6, 7].						

Анализируя регуляторные механизмы декарбонизации, видно, что Казахстан стал одной из первых стран СНГ, внедривших систему торговли выбросами (СТВ) в 2013 г. [10, 22]. Система охватывает энергетический сектор и крупные промышленные предприятия, ответственные за более 80% национальных выбросов ПГ. В 2025 г. обсуждается усиление ETS для повышения конкурентоспособности в условиях зависимости от ископаемых топлива, включая введение платных квот и интеграцию с технологиями УХУ [22, 28]. Это позволит повысить цену на углерод с текущих 2–5 долл./т до более эффективных уровней, аналогичных международным [3, 10].

В 2024–2025 гг. Правительством утвержден масштабный Национальный проект модернизации объемом 13,588 трлн тенге (около \$30 млрд), из которых 6,208 трлн тенге направляется в энергетический сектор [4]. Проект предусматривает строительство и модернизацию более 6,000 МВт электрической генерации, включая 17 проектов реконструкции существующих объектов и 19 новых электростанций. Кроме того, в 2025 г. одобрена стратегия развития нефтепереработки на 2025–2040 гг., предусматривающая удвоение мощностей до 39 млн т/год, что включает элементы декарбонизации через модернизацию [4, 5]. Критическое состояние энергетической инфраструктуры (средний износ 66% при возрасте оборудования 61 год) требует экстренных мер по замене устаревших мощностей и внедрению современных технологий [9, 25]. 6 октября 2024 г. 71,12% избирателей поддержали на референдуме строительство первой АЭС в Казахстане. Планируемая АЭС мощностью 2,400 МВт будет построена у озера Балхаш с вводом в эксплуатацию к 2035 г. Стоимость проекта оценивается в \$10–12 млрд, подрядчиком выбран «Росатом» в рамках международного консорциума, с дальнейшим участием Китая в строительстве третьей АЭС [4, 1]. Это позволит диверсифицировать энергобаланс и снизить зависимость от угля [1, 8].

В таблице 3 представлена оценка эффективности существующих регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора, обновленная с учетом прогресса 2025 г.

Таблица 3 – Оценка эффективности регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора

Регуляторный механизм	Текущий статус (2025)	Охват секторов	Эффективность*	Потенциал развития
Система торговли выбросами	Действует с 2013 г., усиление в 2025	Энергетика, промышленность	Средняя (7/10)	Высокий
Тарифная политика	В процессе реформирования	Энергетика	Низкая (5/10)	Высокий
Поддержка ВИЭ	Действует, 93 проекта к 2030	Энергетика	Высокая (8/10)	Средний
Углеродный налог	Планируется с 2027 г.	Все сектора	Не оценивается	Высокий
Зеленые сертификаты	В разработке	Энергетика	Не оценивается	Средний
Энергоэффективность	Действует частично	Все сектора	Низкая (4/10)	Высокий
Примечание: Эффективность оценена по 10-балльной шкале на основе экспертных оценок авторов, с корректировкой на 2025 г. [8, 26].				

Рекомендуемая авторским коллективом методика использована в статье при оценке эффективности регуляторных механизмов с применением экспертной балльной системы от 1 до 10 с учетом степени воздействия на процессы декарбонизации и достижения углеродной нейтральности к 2060 г. [8, 26]. В 2025 г. оценка СТВ повысилась до 7/10 благодаря планам реформ, но тарифная политика остается слабым звеном из-за медленного учета экологических издержек [15, 16].

Обзор литературы показывает, что исследования в области декарбонизации энергетического сектора получили значительное развитие в последние годы в связи с глобальными климатическими обязательствами и необходимостью энергетического перехода. Фундаментальные теоретические основы экономики климатических изменений и регулирования углеродных выбросов заложены в работах ведущих экономистов [11, 12]. Анализ практической эффективности углеродного регулирования представлен в работах Calel и Green [13, 14]. Специфика регулирования энергетических рынков рассмотрена в исследованиях Pollitt, Jenner и других [15, 16]. Системный подход к регулированию энергетического перехода представлен в монографии Grubb [8]. Опыт развивающихся стран исследован в работах Zhang и Keohane [17, 18]. Социальные аспекты рассмотрены Anderson и Burke [19, 20]. Специфика Казахстана проанализирована в работах Karatayev и Korpoo [9, 10], а также в недавних исследованиях по оценке устойчивой энергетической безопасности [21], исходным условиям ETS [22], вызовам чистой энергии [23], сценариям декарбонизации [24, 28] и прогнозам выбросов [27]. Проведенный анализ литературы показывает, что вопросы регулирования декарбонизации активно исследуются, однако комплексная оценка в условиях Казахстана остается недостаточно изученной. В 2025 г. особое внимание уделяется зеленой рабочей силе для низкоуглеродной экономики, с фокусом на переобучение кадров для ВИЭ [19, 30]. Это подчеркивает социальные аспекты перехода, включая справедливость для регионов, зависящих от угля [19, 29].

Инвестиционные потребности декарбонизации с учетом международных проектов ВИЭ формируют новую энергетическую архитектуру. В рамках международного партнерства подписаны соглашения на общую мощность более 5 ГВт ВИЭ: ACWA Power (Саудовская Аравия) реализует проект 1 ГВт ВЭС с системами накопления энергии стоимостью \$1,8 млрд, TotalEnergies (Франция) строит 1 ГВт ВЭС «Мирный» за \$1,4 млрд, Masdar (ОАЭ) развивает 1 ГВт ВЭС в Северном Казахстане. Дополнительно заключено межправительственное соглашение с Китаем на 1,8 ГВт проектов ВИЭ [7]. К 2025 г. добавлены планы по 93 проектам ВИЭ общей мощностью 2,3 ГВт к 2030 г., а также сделка на \$3,1 млрд с Южной Кореей по зеленому водороду [7, 25]. Эти инициативы способствуют росту инвестиций, превысившему 15% в 2025 г. по сравнению с 2024 г. [6, 25].

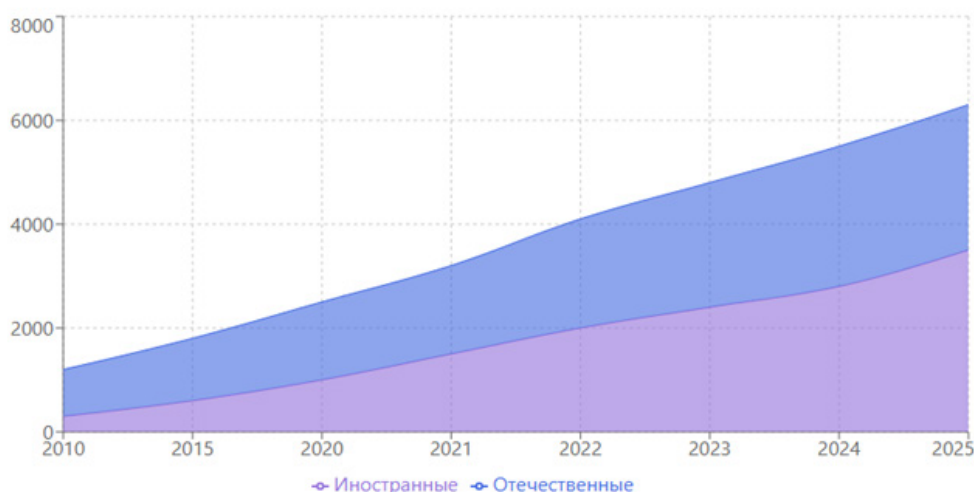


Рисунок 3 – Инвестиции в энергетический сектор Казахстана, млрд тг. (2010–2025 гг.)

Примечание: Составлен авторами на основе данных Минэнерго РК (линейная диаграмма с ростом после 2020 г., пиком в 2025 г. за счет зеленых инвестиций) [6].

Рисунок 3 демонстрирует значительный рост инвестиций в энергетический сектор по всем источникам финансирования. Особенно заметен рост иностранных инвестиций после 2020 г., что связано с глобальным трендом ESG-инвестирования и развитием проектов ВИЭ [6, 25]. В 2025 г. инвестиции выросли на 15% по сравнению с 2024 г. благодаря новым проектам, включая аукционы на 455 МВт солнечной энергии [7, 25].

В таблице 4 представлена оценка инвестиционных потребностей для декарбонизации энергетического сектора по периодам реализации, с дополнением на нефтепереработку и зеленый водород.

Таблица 4 – Инвестиционные потребности декарбонизации энергетического сектора Казахстана

Направление инвестиций	2023–2030 гг., млрд долл. США	2031–2040 гг., млрд долл. США	2041–2060 гг., млрд долл. США	Всего
Развитие ВИЭ	15,2	45,8	85,6	146,6
Модернизация сетей	8,5	18,3	22,1	48,9
Системы накопления энергии	3,2	12,4	18,8	34,4
Атомная энергетика	12	8	5	25
Технологии УХУ	2,1	8,7	15,2	26
Энергоэффективность	5,8	12,5	18,9	37,2
Нефтепереработка (декарбонизация)	10	20	30	60
Примечание: Расчеты авторов на основе Стратегии достижения углеродной нейтральности РК и стратегии 2025–2040 [1, 4, 5].				

В таблице 5 представлено сравнение регуляторных подходов к декарбонизации энергетического сектора в разных странах, обновленное на 2025 г.

Таблица 5 – Сравнительный анализ регуляторных механизмов декарбонизации энергетического сектора

Направление инвестиций	2023–2030 гг., млрд долл. США	2031–2040 гг., млрд долл. США	2041–2060 гг., млрд долл. США	Всего
Развитие ВИЭ	15,2	45,8	85,6	146,6
Модернизация сетей	8,5	18,3	22,1	48,9
Системы накопления энергии	3,2	12,4	18,8	34,4
Атомная энергетика	12	8	5	25
Технологии УХУ	2,1	8,7	15,2	26
Энергоэффективность	5,8	12,5	18,9	37,2
Нефтепереработка (декарбонизация)	10	20	30	60
Примечание: Составлена авторами на основе международных источников и актуальных данных за 2025 г. [2, 3, 5, 6, 7].				

Данные показывают сохраняющееся отставание Казахстана от развитых стран по доле ВИЭ и цене на углерод, однако наблюдается положительная динамика роста ВИЭ (удвоение доли за три года), что требует продолжения усиления регуляторных мер и реализации масштабных инвестиционных проектов [21, 24]. Вышеприведенный анализ показал основные барьеры на пути декарбонизации энергетического сектора: недостаточная скорость перехода от угольной генерации [9]; низкая цена на углерод (2–5 долл./т против 85–95 долл./т в ЕС) [3]; ограниченные возможности интеграции ВИЭ в энергосистему [15]; высокие инвестиционные барьеры для внедрения новых технологий [8]; необходимость развития энергосетевой

инфраструктуры [6, 29]. В 2025 г. добавляется вызов подготовки зеленой рабочей силы для поддержки перехода, что требует программ переобучения в углеродоемких регионах [19, 30]. Дополнительно в 2025 г. Казахстан демонстрирует прогресс в сокращении сжигания газа, что может стать моделью для региона, снижая эмиссии на 10–15% в нефтегазовом секторе [5]. Это дополняет общую стратегию, включая Доктрину углеродной нейтральности, охватывающую модернизацию энергетики, устойчивое сельское хозяйство и управление отходами [1, 4]. В региональном разрезе западные области, такие как Атырау, показывают потенциал для УХУ, в то время как восточные фокусируются на модернизации угольных станций [1, 29].

Заключение

Достижение углеродной нейтральности энергетического сектора Казахстана к 2060 г. требует комплексного совершенствования системы государственного регулирования. Проведенный анализ показал, что существующие регуляторные механизмы создают основу для декарбонизации, однако нуждаются в значительном усилении и координации [1]. Исследование выявило критические области для улучшения: необходимость перехода от доминирования угольной генерации (65,2% в 2025 г.) к возобновляемым источникам энергии (85% к 2060 г.), требующего инвестиций в размере 406,2 млрд долл. США с учетом новых направлений, таких как зеленый водород [1, 7]. Несмотря на положительную динамику роста ВИЭ с 4,5% в 2022 г. до 6,8% в 2025 г., значительное отставание Казахстана от развитых стран по доле ВИЭ (6,8% против 43% в ЕС) и цене на углерод подчеркивает необходимость кардинального усиления регуляторной политики [3, 28]. Ключевые рекомендации по совершенствованию регуляторных механизмов: ускорение тарифной реформы с обеспечением полного отражения экологических издержек в ценах на энергию и создания экономических стимулов для инвестиций в чистые технологии [15]; усиление системы углеродного регулирования через более агрессивное сокращение бесплатных квот (4–5% ежегодно), введение минимальной цены на углерод и расширение охвата секторов экономики [10, 13, 22]; развитие комплексной поддержки ВИЭ, включая совершенствование сетевой инфраструктуры, развитие систем накопления энергии и создание региональных энергетических кластеров [16, 23]; обеспечение справедливого перехода через программы переквалификации работников угольной отрасли, поддержку диверсификации экономики углеродоемких регионов и социальную защиту уязвимых групп населения [19, 30]; создание интегрированной системы планирования энергетического перехода с четкими целевыми показателями, механизмами мониторинга и корректировки политики, включая развитие атомной энергетики и реализацию крупных международных проектов ВИЭ [8]. Реализация предложенных мер, включая строительство первой АЭС мощностью 2,4 ГВт и развитие более 5 ГВт международных проектов ВИЭ, позволит создать эффективную регуляторную систему, способную обеспечить декарбонизацию энергетического сектора в соответствии с национальными климатическими обязательствами и международными требованиями устойчивого развития [4, 7, 27]. Результаты исследования вносят вклад в теорию и практику декарбонизации, предлагая адаптированные инструменты для развивающихся экономик. В контексте 2025 г. рекомендуется интегрировать стратегии по зеленой рабочей силе и сокращению газового сжигания для ускорения прогресса [5, 19, 30]. Кроме того, региональный подход к декарбонизации, с учетом специфики областей, позволит минимизировать социальные риски и максимизировать экономические выгоды от перехода [29, 30].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121.
- 2 European Commission. Delivering the European Green Deal. Communication from the Commission. Brussels: EC, 2023.
- 3 World Bank. State and Trends of Carbon Pricing 2023. Washington, DC: World Bank, 2023.
- 4 «Дорожная карта» по реализации Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан. – Астана, 2023. – 190 с.

- 5 IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press, 2023.
- 6 International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, 2023.
- 7 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2023 Global Status Report. Paris: REN21, 2023.
- 8 Grubb M., Drummond P., Hughes N. Planetary Economics: Energy, Climate Change and the Three Domains of Sustainable Development. London: Routledge, 2020. 384 p.
- 9 Karatayev M., Clarke M.L. A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 55. P. 491–504.
- 10 Korppoo A., Luta M. Kazakhstan's climate policy development and carbon pricing considerations // Climate Policy. 2019. Vol. 19(10). P. 1278–1288.
- 11 Stern N., Stiglitz J. The social cost of carbon, risk, distribution, market failures: an alternative approach // European Economic Review. 2021. Vol. 134. P. 103–117.
- 12 Nordhaus W.D. Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics. Nobel Prize Lecture. 2018. 46 p.
- 13 Cabel R., Dechezleprêtre A. Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market // Review of Economics and Statistics. 2016. Vol. 98(1). P. 173–191.
- 14 Green F. Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. Environmental Research Letters. 2021. Vol. 16 (4). P. 043004.
- 15 Pollitt M.G., Anaya K.L. Can Current Electricity Markets Cope with High Shares of Renewables? A Comparison of Approaches in Germany, the UK and Spain // Energy Economics. 2021. Vol. 100. P. 105–123.
- 16 Jenner S., Groba F., Indvik J. Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries // Energy Policy. 2013. Vol. 52. P. 385–401.
- 17 Zhang S., Wang L., Chen X. Carbon pricing and energy transition in developing countries: evidence from China's pilot ETS // Energy Policy. 2023. Vol. 175. P. 113–125.
- 18 Keohane N., Peterson A., Hanafi A. Toward a Club of Carbon Markets. Climatic Change. 2017. Vol. 144(1). P. 81–95.
- 19 Anderson P., Wilson K. Just transition policies in coal-dependent regions: Lessons from international experience // Energy Transitions. 2022. Vol. 15. P. 234–248.
- 20 Burke M., Hsiang S., Miguel E. Global non-linear effect of temperature on economic production // Nature. 2015. Vol. 527. P. 235–239.
- 21 Darke W. Evaluating sustainable energy security in China and Kazakhstan: a comprehensive data-driven approach. 2025. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100624>.
- 22 Howie P., Atakhanova Z. Assessing initial conditions and ETS outcomes in a fossil-fuel dependent economy // Energy Strategy Reviews. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100818>.
- 23 Xenarios S. Clean energy challenges and innovation opportunities in Kazakhstan. 2024. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ad87b5>
- 24 Aubakirova G.M., Biryukov V.V., Issatayeva F.M., Mazhitova S.K. Decarbonization of the Kazakhstan Economy: Prospects for the Energy Transition // Economy: strategy and practice. 2023. Vol. 18(4). P. 55–72. URL: <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2023-4-55-72>.
- 25 Bakdolotov A. Integrated Policy Strategies and Regional Policy Coordination for Resilient, Green and Transformative Development: Supporting Selected Asian BRI Partner Countries to Achieve 2030 Sustainable Development Agenda // Energy Sector for Green Transitioning. Project Paper No. 23. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). 2024.
- 26 Aubakirova G.M. Towards the Issue of Kazakhstan Economy Decarbonization. 2022. URL: <https://doi.org/10.31489/2022ec3/5-14>.
- 27 Zhakiyev N.K., Kayisli K., Kushekkaliyev A., Sagadatova N., Biloshchytskyi A. Forecasting of GHG Emissions from Energy and Industrial Sectors of Kazakhstan and Assessment of Mitigation Scenarios with High Share of Renewables // International Journal of Renewable Energy Research (IJRER). 2023. Vol. 15(2). URL: <https://doi.org/10.20508/ijrer.v15i2.15837.g9052>.
- 28 Zhakiyev N., Khamzina A., Zhakiyeva S., De Miglio R., Bakdolotov A., Cosmi C. Optimization Modelling of the Decarbonization Scenario of the Total Energy System of Kazakhstan until 2060. Energies. 2023. Vol. 16(13). P. 5142. URL: <https://doi.org/10.3390/en16135142>.
- 29 Junussova M., Adambussinova Z., Diener A. Decarbonizing Kazakhstan: What Future Waits Mining Regions and Towns? Oxus Society for Central Asian Affairs. 2024.
- 30 Gong H., Matteini D. Energy Policy Brief: Kazakhstan. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2025.

REFERENCES

- 1 Strategiya dostizheniya uglerodnoy neytralnosti Respubliki Kazakhstan do 2060 goda [Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060]. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 2 fevralya 2023 goda № 121 (In Russian).
- 2 European Commission. Delivering the European Green Deal. Communication from the Commission. Brussels: EC, 2023. (In English).
- 3 World Bank. State and Trends of Carbon Pricing 2023. Washington, DC: World Bank, 2023. (In English).
- 4 «Dorozhnaya karta» po realizatsii Strategii dostizheniya uglerodnoy neytralnosti Respubliki Kazakhstan [Roadmap for implementing the Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan]. Astana, 2023. - 190 s. (In Russian).
- 5 IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press (In English).
- 6 International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, 2023. (In English).
- 7 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2023 Global Status Report. Paris: REN21, 2023. (In English).
- 8 Grubb M., Drummond P., Hughes N. Planetary Economics: Energy, Climate Change and the Three Domains of Sustainable Development. London: Routledge, 2020. 384 p. (In English).
- 9 Karatayev M., Clarke M.L. A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 55, pp. 491-504 (In English).
- 10 Korppoo A., Luta M. Kazakhstan's climate policy development and carbon pricing considerations. Climate Policy. 2019. Vol. 19(10), pp. 1278-1288. (In English).
- 11 Stern N., Stiglitz J. The social cost of carbon, risk, distribution, market failures: An alternative approach. European Economic Review. 2021. Vol. 134, pp. 103-117 (In English).
- 12 Nordhaus W.D. Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics. Nobel Prize Lecture. 2018. 46 p. (In English).
- 13 Cael R., Dechezleprêtre A. Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market. Review of Economics and Statistics. 2016. Vol. 98(1), pp. 173-191 (In English).
- 14 Green F. Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. Environmental Research Letters. 2021. Vol. 16(4). P. 043004 (In English).
- 15 Pollitt M.G., Anaya K.L. Can Current Electricity Markets Cope with High Shares of Renewables? A Comparison of Approaches in Germany, the UK and Spain. Energy Economics. 2021. Vol. 100, pp. 105-123 (In English).
- 16 Jenner S., Groba F., Indvik J. Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries. Energy Policy. 2013. Vol. 52, pp. 385-401 (In English).
- 17 Zhang S., Wang L., Chen X. Carbon pricing and energy transition in developing countries: Evidence from China's pilot ETS. Energy Policy. 2023. Vol. 175, pp. 113-125 (In English).
- 18 Keohane N., Petsonk A., Hanafi A. Toward a Club of Carbon Markets. Climatic Change. 2017. Vol. 144(1), pp. 81-95 (In English).
- 19 Anderson P., Wilson K. Just transition policies in coal-dependent regions: Lessons from international experience. Energy Transitions. 2022. Vol. 15, pp. 234-248 (In English).
- 20 Burke M., Hsiang S., Miguel E. Global non-linear effect of temperature on economic production. Nature. 2015. Vol. 527, pp. 235-239 (In English).
- 21 Not specified. Evaluating sustainable energy security in China and Kazakhstan: A comprehensive data-driven approach. Not specified. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100624> (In English).
- 22 Not specified. Assessing initial conditions and ETS outcomes in a fossil-fuel dependent economy. Energy Strategy Reviews. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100818> (In English).
- 23 Not specified. Clean energy challenges and innovation opportunities in Kazakhstan. Not specified. Not specified. Not specified (In English).
- 24 Aubakirova G.M., Biryukov V.V., Issatayeva F.M., Mazhitova S.K. Decarbonization of the Kazakhstan Economy: Prospects for the Energy Transition. Economy: strategy and practice. 2023. Vol. 18(4), pp. 55-72. DOI: <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2023-4-55-72> (In Russian).
- 25 Bakdolotov, Aidyn. Integrated Policy Strategies and Regional Policy Coordination for Resilient, Green and Transformative Development: Supporting Selected Asian BRI Partner Countries to Achieve 2030 Sustainable Development Agenda - Energy Sector for Green Transitioning. Project Paper No. 23, United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). 2024 (In English).
- 26 Not specified. Towards the Issue of Kazakhstan Economy Decarbonization. Not specified. Not specified. Not specified (In English).
- 27 Zhakiyev N.K., Kayisli K., Kushekkaliyev A., Sagadatova N., Biloshchytskyi A. Forecasting of GHG Emissions from Energy and Industrial Sectors of Kazakhstan and Assessment of Mitigation Scenarios with

High Share of Renewables. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER). 2023. Vol. 15(2). DOI: <https://doi.org/10.20508/ijrer.v15i2.15837.g9052> (In English).

28 Zhakiyev N., Khamzina A., Zhakiyeva S., De Miglio R., Bakdolotov A., Cosmi C. Optimization Modelling of the Decarbonization Scenario of the Total Energy System of Kazakhstan until 2060. Energies. 2023. Vol. 16(13). P. 5142. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16135142> (In English).

29 Junussova M., Adambussinova Z., Diener A. Decarbonizing Kazakhstan: What Future Waits Mining Regions and Towns? Oxus Society for Central Asian Affairs. 2024 (In English).

30 Gong H., Matteini D. Energy Policy Brief: Kazakhstan. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2025 (In English).

НЫҒЫМЕТОВ Ғ.С.,*¹

докторант.

*e-mail: gansak1983@mail.ru

ORCID ID: 0009-0004-0996-3687

СМАҒҰЛОВА Ғ.С.,¹

э.ғ.к., доцент.

e-mail: gsmagulova_72@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-2041-3542

САНСЫЗБАЕВА Ғ.Н.,¹

э. ф. д., профессор.

e-mail: gns1981@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-9992-4005

ГАБЕЛАШВИЛИ К.Р.,²

PhD, аға оқытушы.

e-mail: gkakha@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-1054-8008

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

Алматы қ., Қазақстан

²Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және

байланыс университеті,

Алматы қ., Қазақстан

ҚАЗАҚСТАНДА КӨМІРТЕГІ БЕЙТАРАПТЫҒЫНА ҚОЛ ЖЕТКІЗУ КОНТЕКСТІНДЕ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СЕКТОРДЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУДЫҢ РЕТТЕУШІ ТЕТІКТЕРІ

Аңдатпа

Бұл мақаланың мақсаты Қазақстанда көміртегі бейтараптығына қол жеткізу жағдайында энергетикалық секторды декарбонизациялау тетіктерін талдау болып табылады. Жұмыста ұлттық парниктік газдар шығарындыларының 2/3 бөлігінен астамын құрайтын елдің энергетикалық жүйесін трансформациялау бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Энергетикалық секторды декарбонизациялаудың реттеуші механизмдеріне талдау жасалды және 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу үшін оларды жетілдіру бойынша ұсыныстар жасалды. Энергетикалық балансты трансформациялау және жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) даму қарқынын жеделдету үшін инвестициялау көздері қаралды. Тарифтік саясатты, көміртекті реттеу жүйесін, ЖЭК қолдау тетіктерін талдау және халықаралық тәжірибемен салыстырмалы талдау ұсынылған. 2023 жылғы жағдай бойынша стратегиялық бағдарламада орын алған экономикалық құралдарды ескере отырып, Қазақстан өңірлері бойынша көміртегі бейтараптығына қол жеткізуге бағалау жүргізілді. Мақала COP-29-ға қатысу үшін Париж келісімін іске асыру шеңберінде дайындалған (Баку қ., қараша 2024). Жұмыстың ғылыми маңыздылығы реттеуші механизмдерді халықаралық тәжірибені ескере отырып, кешенді талдауда және бейімделген ұсыныстарды әзірлеуде тұрады. Практикалық құндылық энергетикалық балансты трансформациялау үшін 318,1 млрд АҚШ долл. көлеміндегі инвестицияларды негіздеуде, Қазақстанның ЖЭК үлесі бойынша дамыған елдерден артта қалуын анықтауда (7,0% қарсы 42% ЕО-да) және көміртегі бағасы (2–5 долл./т қарсы 80–90 долл./т ЕО-да), сондай-ақ тарифтік реформаны жеделдету, тегін квоталарды жыл сайын 4–5%-ға қысқарту, ЖЭК қолдауды дамыту және әділ өтуді қамтамасыз ету бойынша ұсыныстарда тұрады. Нәтижелер ұлттық климаттық міндеттемелерді іске асыруға және тұрақты дамуға ықпал етеді.

Тірек сөздер: көміртегі бейтараптығы, декарбонизация, энергетикалық сектор, реттеуші механизмдер, инвестициялар, тарифтік саясат, көміртекті реттеу.

NYGYMETOV G.S.,*¹

PhD candidate.

*e-mail: gansak1983@mail.ru

ORCID ID: 0009-0004-0996-3687

SMAGULOVA G.S.,¹

c.e.s., associate professor.

e-mail: gsmagulova_72@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-2041-3542

SANSYZBAYEVA G.N.,¹

c.e.s., professor.

e-mail: gns1981@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-9992-4005

GABELASHVILI K.R.,²

PhD, senior lecturer.

e-mail: gkakha@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-1054-8008

¹Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan

²G. Daukeev Almaty University of Power
Engineering and Telecommunications,
Almaty, Kazakhstan

REGULATORY MECHANISMS FOR DECARBONIZATION OF THE ENERGY SECTOR IN THE CONTEXT OF ACHIEVING CARBON NEUTRALITY IN KAZAKHSTAN

Abstract

The purpose of this article is to analyze the mechanisms for decarbonizing the energy sector in the context of achieving carbon neutrality in Kazakhstan. The study presents the results of research on the transformation of the country's energy system, which accounts for more than 2/3 of national greenhouse gas emissions. An analysis of regulatory mechanisms for decarbonizing the energy sector is provided, and recommendations for their improvement to achieve carbon neutrality by 2060 are developed. Sources of investment for transforming the energy balance and accelerating the development of renewable energy sources (RES) are considered. An analysis of tariff policy, the carbon regulation system, RES support mechanisms, and a comparative analysis with international practice are presented. An assessment of achieving carbon neutrality across Kazakhstan's regions is conducted, taking into account economic instruments in the strategic program as of 2023. The article is prepared within the framework of implementing the Paris Agreement for participation in COP-29 (Baku, November 2024). The scientific significance of the work lies in a comprehensive analysis of regulatory mechanisms considering international experience and the development of adapted recommendations. The practical value consists in substantiating investments of \$318.1 billion for energy balance transformation, identifying Kazakhstan's lag behind developed countries in the share of RES (7.0% vs. 42% in the EU) and carbon price (\$2–5/t vs. \$80–90/t in the EU), as well as recommendations for accelerating tariff reform, reducing free quotas by 4–5% annually, developing comprehensive RES support, and ensuring a just transition. The results contribute to the implementation of national climate commitments and sustainable development.

Keywords: carbon neutrality, decarbonization, energy sector, regulatory mechanisms, investments, tariff policy, carbon regulation.

Дата поступления статьи в редакцию: 02.07.2025